

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-035806

(43)Date of publication of application : 09.02.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/268  
H01L 21/20  
H01L 27/12  
H01L 29/786  
H01L 21/336

(21)Application number : 11-207128

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 22.07.1999

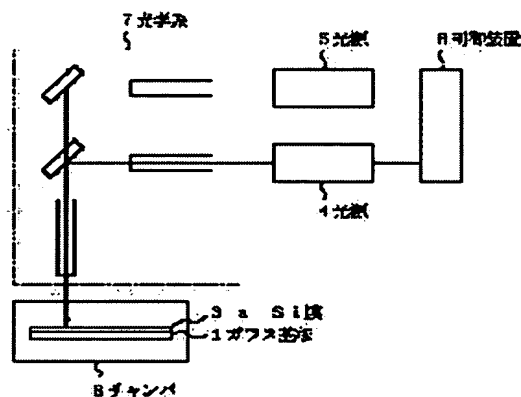
(72)Inventor : OKUMURA NOBU

## (54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR THIN FILM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To create at a high throughput on a large substrate a highly uniform semiconductor thin film having a high electron-mobility, by projecting the double pulses of a laser beam on the non-single-crystal semiconductor thin film, and by setting energy density in each pulse within the threshold of its fine-crystallization energy density caused by the projection of a pulse laser beam.

**SOLUTION:** After depositing as a cover film a silicon oxide film 2 on a glass substrate 1 by a plasma chemical vapor deposition method, an a-Si film 3 is deposited thereon. Then, a XeCl laser beam 50 having predetermined dimensions is projected on the a-Si film 3 to set the threshold of its fine-crystallization energy-density to, e.g. 470 mJ/cm<sup>2</sup>. In this case, by synchronizing two light sources 4, 5 with each other through a controller 6, the double pulses of a laser beam are projected through an optical system 7 on the a-Si film 3 of the glass substrate 1 provided in a chamber 8. As the projective conditions of the double pulses of the laser beam, the energy densities of first and second laser beams are set respectively, e.g. to 400 mJ/cm<sup>2</sup> and 240 mJ/cm<sup>2</sup> to make them not larger than the threshold of the fine-crystallization energy-density of the a-Si thin film 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3422290

[Date of registration]

25.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-35806

(P2001-35806A)

(43) 公開日 平成13年2月9日 (2001.2.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L	21/268	H 0 1 L	F 5 F 0 5 2
	21/20		5 F 1 1 0
	27/12		R
	29/786		6 2 7 G
	21/336		

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

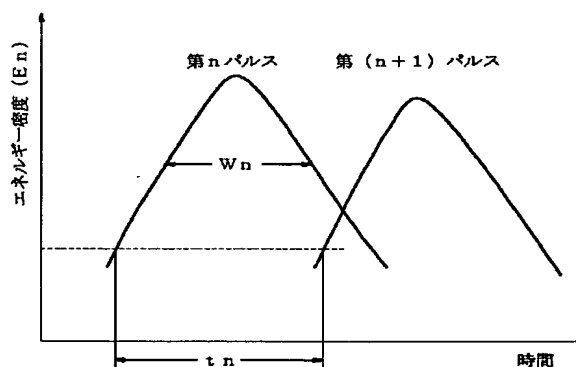
(21) 出願番号	特願平11-207128	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成11年7月22日 (1999.7.22)	(72) 発明者	奥村 展 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
		(74) 代理人	100082935 弁理士 京本 直樹 (外2名)
		Fターム (参考)	5F052 AA02 BA18 BB07 DA02 DB02 DB07 JA01 5F110 DD02 DD13 GG02 GG13 GG15 GG43 GG45 GG47 PP03

(54) 【発明の名称】 半導体薄膜の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】従来、液晶表示装置に搭載されるT F Tの半導体薄膜を大粒径化する技術においては、スループットが低下し、サブミクロンのステージ動作精度を確保するため搬送系が複雑化するという問題があるため、大面積に渡って均質に大粒径化を果たすことは困難であった。

【解決手段】a-Si膜に、nを1以上の整数、n発目のパルスのエネルギー密度を $E_n$ 、パルス幅を $W_n$ 、n発目と(n+1)発目のパルス間隔を $t_n$ とすると、 $E_u > E_n \geq E_{n+1}$ 、 $t_n \leq 6W_n$ 、 $E_1 + E_2 + \dots + E_n + E_{n+1} > E_u$ の条件を満たす複数のパルスレーザを照射することにより、長軸方向が短軸方向の2倍を超える粗大結晶粒が得られ、基板の広い範囲に渡って大きなスキャンピッチでスキャン照射することが可能となり、高いスループットが得られ、ステージ動作精度の緩和も可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非単結晶半導体薄膜に複数のパルスレーザを連続して同一箇所照射することにより多結晶又は単結晶半導体薄膜を製造する方法であって、各パルスのエネルギー密度が、前記非単結晶半導体薄膜のパルスレーザの照射により微結晶化するエネルギー密度しきい値を超えないことを特徴とする半導体薄膜の製造方法。

【請求項2】 前記複数のパルスレーザの各パルスレーザのエネルギー密度は、前記非単結晶半導体薄膜がパルスレーザの照射により微結晶化するエネルギー密度しきい値よりも低く、連続する前記複数のパルスレーザの前後のパルスレーザのうち、前のパルスレーザのエネルギー密度は後のパルスレーザのエネルギー密度以上であり、前記複数のパルスレーザの全てのエネルギー密度の和が前記エネルギー密度しきい値を超える請求項1記載の半導体薄膜の製造方法。

【請求項3】 前記前後のパルスレーザの照射間隔は、前記前のパルスレーザの半値幅であるパルス幅の6倍以下である請求項2記載の半導体薄膜の製造方法。

【請求項4】 前記前後のパルスレーザの照射間隔は、前記前のパルスレーザの半値幅であるパルス幅の1倍以上4倍以下である請求項2記載の半導体薄膜の製造方法。

【請求項5】 前記複数のパルスレーザの照射により前記多結晶又は単結晶半導体薄膜が、長軸方向の結晶粒の長さが短軸方向の結晶粒の長さの2倍を超え、かつ、前記結晶粒が前記短軸方向に列を成して並ぶ組織を含む請求項1、2、3又は4記載の半導体薄膜の製造方法。

【請求項6】 前記非単結晶半導体薄膜に前記複数のパルスレーザを連続して同一箇所に行う照射が、前記非単結晶半導体薄膜の上を前記長軸方向の結晶粒の長さ以下のピッチで前記長軸方向に移動して繰り返行われるスキャン照射である請求項5記載の半導体薄膜の製造方法。

【請求項7】 前記非単結晶半導体薄膜が、減圧化学気相成長(LPCVD)法、プラズマ化学気相成長(PECVD)法、スパッタ法のいずれかの方法により形成される請求項1、2、3、4、5又は6記載の半導体薄膜の製造方法。

【請求項8】 前記多結晶又は単結晶半導体薄膜が、ガラス基板の上に形成される請求項1、2、3、4、5、6又は7記載の半導体薄膜の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は非単結晶半導体薄膜にパルスレーザ光を照射してアニールを行う半導体薄膜の製造方法に関し、特に液晶ディスプレイや密着型イメージセンサ等の絶縁性基板上に形成される多結晶シリコン薄膜トランジスタの活性層を形成する、レーザアニール工程の構成に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ポリシリコン(以下poly-Siと記載する)薄膜トランジスタの製造技術を適用することにより、安価なガラス基板上に駆動回路を備えた液晶表示装置を形成することが可能となっている。poly-Si薄膜の形成法としては、プロセス温度の低温化および高スループット化の観点から、エキシマレーザ光を照射することによりアモルファスシリコン(以下a-Siと略称する)薄膜を結晶化させてpoly-Si薄膜を得るエキシマレーザ結晶化法が用いられる。

【0003】エキシマレーザ結晶化法の欠点として、レーザ光がパルスレーザ光であるために薄膜が熱処理される時間が限られてしまい、得られる結晶粒の大きさが制限されてしまうという問題がある。そのためpoly-Si薄膜トランジスタ(TFT)のキャリアの電界効果移動度が $100\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度に留まり、液晶表示装置等は実現できても、DRAM等の高周波数駆動の高集積回路は実現不可能であった。

【0004】poly-Si薄膜の大粒径化技術の第1の技術としては、例えば、特開平10-275781号公報、或いは、第42回応用物理学関係連合講演会講演予稿集第2分冊694頁(著者、石原他)により開示されているように、複数のパルスレーザを合成して照射する技術が知られている。

【0005】また、大粒径化技術の第2の技術としては、例えば、MRS Bulletin 21巻(1996年)、3月号、39頁(著者、Im他)により開示されているように、島状に形成した非晶質シリコン薄膜に、幅 $5\text{ }\mu\text{m}$ の極めて微細な線状ビームを $0.75\text{ }\mu\text{m}$ ピッチでスキャン照射することにより、結晶粒界がほぼ平行に整列している一方向成長多結晶シリコン薄膜を形成する技術が知られている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、大粒径化技術の第1の技術においては、各レーザ照射領域においては、大粒径化するものの、液晶表示装置に用いられる数百ミリメートル四方の面積の基板において、均質に大粒径化を果たすことは困難であった。又、大粒径化技術の第2の技術においても、スループットが低下するという問題、サブミクロンのステージ動作精度を確保するため搬送系が複雑化するという問題が残る。

【0007】本発明の目的は、上述の問題を鑑みてなされたものであって、高スループットで大面積基板上、高均一でかつ高移動度の半導体薄膜の作製方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体薄膜の製造方法は、非単結晶半導体薄膜に複数のパルスレーザを連続して同一箇所照射することにより多結晶又は単結晶半導体薄膜を製造する方法であって、各パルスのエネ

ルギー密度が、前記非単結晶半導体薄膜のバルスレーザの照射により微結晶化するエネルギー密度しきい値を超えないことを特徴とし、前記複数のバルスレーザの各バルスレーザのエネルギー密度は、前記非単結晶半導体薄膜がバルスレーザの照射により微結晶化するエネルギー密度しきい値よりも低く、連続する前記複数のバルスレーザの前後のバルスレーザのうち、前のバルスレーザのエネルギー密度は後のバルスレーザのエネルギー密度以上であり、前記複数のバルスレーザの全てのエネルギー密度の和が前記エネルギー密度しきい値を超え、前記前後のバルスレーザの照射間隔は、前記前のバルスレーザの半値幅であるパルス幅の6倍以下、望ましくは、前記前後のバルスレーザの照射間隔は、前記前のバルスレーザの半値幅であるパルス幅の1倍以上4倍以下である、というものである。

【0009】又、前記複数のバルスレーザの照射により前記多結晶又は単結晶半導体薄膜が、長軸方向の結晶粒の長さが短軸方向の結晶粒の長さの2倍を超え、かつ、前記結晶粒が前記短軸方向に列を成して並ぶ組織を含み、前記非単結晶半導体薄膜に前記複数のバルスレーザを連続して同一箇所に行う照射が、前記非単結晶半導体薄膜の上を前記長軸方向の結晶粒の長さ以下のピッチで前記長軸方向に移動して繰り返行われるスキャン照射である、というものである。

【0010】上記半導体薄膜の製造方法において、前記非単結晶半導体薄膜が、減圧化学気相成長(LPCVD)法、プラズマ化学気相成長(PECVD)法、スパッタ法のいずれかの方法により形成される、或いは、前記多結晶又は単結晶半導体薄膜が、ガラス基板の上に形成される、という形態をとることもできる、というものである。

【0011】

【発明の実施の形態】まず、本発明の半導体薄膜の製造方法が主張する基本的な構成について説明する前に、本発明の背景となる、結晶化現象について図3(a)を参照して説明しておく。

【0012】非晶質薄膜および多結晶薄膜などの単結晶構造でない薄膜を非単結晶薄膜というが、非単結晶薄膜の微結晶化は、薄膜の溶融状態の変化により、再結晶化時の核発生機構が、基板薄膜界面を核発生サイトとした不均一核発生から、均一核発生へと変化することにより発生すると考えられている。この核発生機構の変化は、薄膜の到達温度と冷却速度に依存する。

【0013】非単結晶シリコン薄膜に、微結晶化しきい値 $E_u$ を超えるエネルギー密度を有する図3(a)のようなビームプロファイルを有する長尺線状レーザ光を照射したとき、ビームプロファイル上の微結晶化しきい値 $E_u$ の直下となる地点に粗大な結晶粒が形成される。即ち、平面的な結晶粒径分布を見ると、微結晶化領域9の隣接地点に粗大結晶粒10が形成される。従って、ビー

ムプロファイルが非単結晶シリコン薄膜の微結晶化しきい値以上のレーザ光を非単結晶シリコン薄膜に照射するとき、形成される結晶粒の粒径および発生位置を一次元に制御することが可能となる。特にビーム後半部81において形成される粗大結晶粒10を種結晶とし、その粒径以下でレーザ光をスキャンするとき、種結晶は途切れることなく成長を続ける。ビーム前半部80で形成された粗大結晶粒をも含む多結晶組織は、その後のスキャン照射により微結晶化されるため、ビーム後半部81で形成された種結晶の粒成長を妨げることがない。即ち、微結晶化現象を利用することにより、バルスレーザ光スキャン照射法における結晶組織の不均質性を回避することが可能となる。

【0014】ここで高スループットを得るためには、ビーム後半部81で形成される種結晶の結晶粒径を拡大すれば良く、これには同一箇所に複数のバルスレーザを同期させてパルス幅程度の時間内に連続的に照射する、ダブルパルス法が有効である。薄膜が先発のバルスレーザによる溶融中に、次発のバルスレーザを照射することにより、薄膜の溶融時間が延長され、かつ凝固速度も低減し、得られる結晶粒径が拡大する。

【0015】本発明の半導体薄膜の製造方法は、このダブルパルス法において、図1に示すように、 $n$ を1以上の整数とすると、 $n$ 発目のパルスのエネルギー密度を $E_n$ 、パルス幅を $W_n$ 、 $(n+1)$ 発目のパルスのエネルギー密度を $E_{n+1}$ 、 $n$ 発目のパルスと $(n+1)$ 発目のパルスとの照射間隔を $t_n$ 、薄膜の微結晶化しきい値を $E_u$ とすると、 $E_u > E_n \geq E_{n+1}$ 、 $t_n \leq 6W_n$ 、 $E_1 + E_2 + \dots + E_n + E_{n+1} > E_u$ の条件でスキャン照射することにより、大粒径を有する半導体薄膜を大面積に渡り均質に形成できる。従って本発明により、高均一、高移動度を有する薄膜トランジスタ素子が面積基板上に実現可能となる。

【0016】上記本発明の基本的な構成を具体的に展開させた実施形態について、以下に説明する。

【0017】まず、本発明の半導体薄膜の製造方法の第1の実施形態について、図2~5を参照して説明する。

【0018】ガラス基板1上に、カバー膜としてシリコン酸化膜2が膜厚200nmとなるようにプラズマ化学気相成長(PECVD)法により成膜され、その上に $a-Si$ 薄膜3を成膜した。成膜法としては、減圧化学気相成長(LPCVD)法、PECVD法、スパッタ法などがあるが、ここでは膜中にガスを含まないLPCVD法を用いた。膜厚は50nmとした(図5(a))。

【0019】次に、膜厚50nmの $a-Si$ 膜3に、長辺方向が例えば100mm、短辺方向が10~20 $\mu m$ のディメンジョンを有する波長308nm、パルス幅( $W_1$ )50nsのXeClレーザ光50を照射するときの微結晶化しきい値( $E_u$ )は470mJ/cm<sup>2</sup>である。ここで図2に示した2個の光源4、5を制御装置

6で同期させ、光学系7を通してチャンバ8内に設置されたガラス基板1のa-Si薄膜3にダブルパルス照射を行った。ダブルパルス照射条件としては、第1のレーザー光のエネルギー密度( $E1$ )を $400\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、第2のレーザー光のエネルギー密度( $E2$ )を $240\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、照射間隔( $t1$ )を $100\text{ns}$ とした( $t1=2W1$ )。

【0020】その結果、図3(a)に示すように、上記条件のダブルパルス照射を行うと、異方性を有する長円形状の粗大結晶粒10が形成され、その隣接領域は微結晶領域9となる。粗大結晶粒10の粒径は長軸方向11で $2.8\mu\text{m}$ 、短軸方向12で $1.2\mu\text{m}$ であった。本ダブルパルス照射条件を用いて、粗大結晶粒径以下の $2.0\mu\text{m}$ のスキャンピッチ13でスキャン照射することにより、図3(b)に示すような、連続成長した結晶粒領域16を得ることができる。このときのステージ動作精度は、粒径と照射ピッチを考慮すれば $0.7\mu\text{m}$ 以下が要求される。

【0021】一方、本実施形態の利点を説明するための比較例を図3(c)に示す。レーザー結晶化法を用いて、 $500\text{mJ}/\text{cm}^2$ のレーザー光を単発で照射したとき、図3(c)に示すように、微結晶領域19の境界部には粒径 $0.8\mu\text{m}$ のほぼ等軸的な結晶粒20が形成された。本条件で連続成長させるには、スキャンピッチを $0.6\mu\text{m}$ 以下とする必要があり、スループットは低下する。またステージ動作精度は $0.2\mu\text{m}$ 以下が要求されるため、照射距離全域にわたり連続成長した結晶粒を安定的に再現性良く得ることは難しい。

【0022】次に、図4に、レーザー光のエネルギー密度 $E1$ 、 $E2$ および $t1$ を変化させたときに得られる、異方性を有する粗大結晶粒の長軸方向の粒径を示す。 $E1$ が $E_u$ を越えるときは $E2$ および $t1$ の如何に関わらず、粒径拡大効果は小さい(図4(a))。これは $E1$ により既に基板界面近傍の温度が、核発生が過度に抑制された温度に到達しているためで有と考えられる。基板界面での核発生を適度に保持しつつ、粒成長を促進させるためにa-Si薄膜の上層を溶融させて、粗大な結晶粒を形成するには、 $E1$ を $E_u$ 以下にする必要がある(図4(b)、(c))。また( $E1+E2$ )が $E_u$ 以下の場合、照射条件によっては、微結晶化せずに連続成長が阻害されるという問題と、a-Si薄膜上層の溶融が不足するために粒径拡大効果が小さくなるという問題がある。

【0023】次に、本発明の半導体薄膜の製造方法の第2の実施形態について、図5(b)を参照して説明する。

【0024】ガラス基板1上にカバー膜としてシリコン窒化膜22をPECVD法により $100\text{nm}$ 、続いてLPCVD法によりa-Si膜23を $75\text{nm}$ の膜厚に成膜した。a-Si膜23に波長 $248\text{nm}$ でパルス幅

( $W1$ 、 $W2$ ) $38\text{ns}$ のKrFレーザー光60を照射するときの $E_u$ は $500\text{mJ}/\text{cm}^2$ である(図5(b))。ここで $E1=380\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $E2=260\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $E3=200\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $t1=80\text{ns}$ 、 $t2=50\text{ns}$ ( $t1=2.1W1$ 、 $t2=1.3W2$ )、の条件で照射したとき、粗大結晶粒の長軸および短軸方向の粒径は、それぞれ $3.3\mu\text{m}$ および $1.4\mu\text{m}$ となり、長軸方向、短軸方向共に第1の実施形態よりも大きい粒径が得られた。従って、第1の実施形態よりも広いスキャンピッチでスキャン照射することが可能となり、ステージ動作精度も、第1の実施形態よりも緩和されることになる。

【0025】次に、本発明の半導体薄膜の製造方法の第3の実施形態について、図5(c)を参照して説明する。

【0026】ガラス基板1上にシリコン酸化膜42をPECVD法により $100\text{nm}$ の膜厚に成膜した後に、同じくPECVD法によりa-Si膜43を $50\text{nm}$ の膜厚に成膜した。ここで、PECVD法によるa-Si膜43は第1、2の実施形態によるa-Si膜よりも多量の水素を含有しているため、 $400^\circ\text{C}$ のアニールを30分施し、a-Si膜33の脱水素処理を行った。a-Si膜43に波長 $248\text{nm}$ でパルス幅( $W1$ ) $38\text{ns}$ のKrFレーザー光70を照射するときの $E_u$ は $460\text{mJ}/\text{cm}^2$ である(図5(c))。KrFレーザー光70をa-Si膜43に、 $E1=350\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $E2=200\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $t1=60\text{ns}$ ( $t1=1.6W1$ )、の条件で照射したとき、粗大結晶粒の長軸および短軸方向の粒径は、それぞれ $2.5\mu\text{m}$ および $1.2\mu\text{m}$ となった。本実施形態では、PECVD法によるa-Si膜を用いた場合においても、第1、2の実施形態における同様の粗大結晶粒を得ようとするものである。従って、第1の実施形態にほぼ近いスキャンピッチでスキャン照射することが可能となり、ステージ動作精度も、従来よりは大幅に改善されることになる。

【0027】以上説明した実施形態では、3つの例を紹介したに過ぎないが、発明者の経験から、本発明に用いる複数のパルスレーザーの照射間隔 $t_n$ はパルスレーザーの幅との関係において、 $t_n \leq 6W_n$ の関係を満たしていることが肝要であり、一層望ましい関係としては、 $W_n \leq t_n \leq 4W_n$ 、の関係を満たしていることである。

【0028】

【発明の効果】上述のように、本発明の半導体薄膜の製造方法によれば、a-Si膜に、前述の条件を満たす複数のパルスレーザーを照射することにより、長軸方向が短軸方向の2倍を超える粗大結晶粒が得られ、基板の広い範囲に渡って大きなスキャンピッチでスキャン照射することが可能となり、高いスループットが得られる。

【0029】又、前述の条件によるパルスレーザー照射によって粗大結晶粒が得られることにより、基板をパルス

レーザに対して移動させるステージ動作精度も、従来よりも大幅に緩和することができ、ステージの製造コストを大幅に下げることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体薄膜の製造方法の基本的な構成部分である相前後するパルスレーザの相互関係を示すパルス形状図である。

【図2】本発明の半導体薄膜の製造方法を実現するパルスレーザの照射装置及び被照射物の様子を模式的に示す構成図である。

【図3】本発明の半導体薄膜の製造方法により得られる半導体薄膜の結晶状態を示す半導体薄膜の拡大平面図である。

【図4】本発明の半導体薄膜の製造方法において、パルスレーザ照射により得られる粗大結晶粒の長軸方向の粒径とパルスレーザ間隔との関係を、パルスレーザのエネルギー密度をパラメータとして示すグラフである。

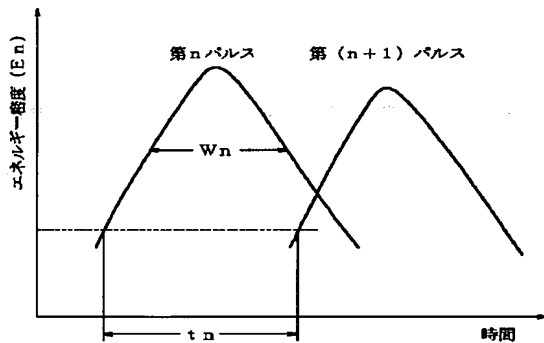
【図5】本発明の半導体薄膜の製造方法に用いられるパルスレーザの被照射物の様子を示す断面図である。

【符号の説明】

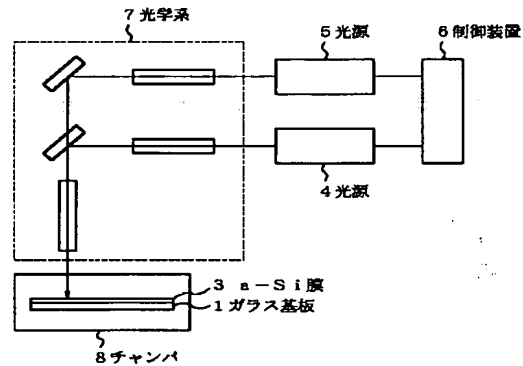
- \* 1 ガラス基板  
2、4 2 シリコン酸化膜  
3、2 3、4 3 a-Si膜  
4、5 光源  
6 制御装置  
7 光学系  
8 チャンバ  
9、1 9 微結晶化領域  
1 0 粗大結晶粒  
1 1 長軸方向  
1 2 短軸方向  
1 3 スキャンピッチ  
1 6 結晶粒領域  
2 0 結晶粒  
2 2 シリコン窒化膜  
5 0 XeClレーザ光  
6 0、7 0 KrFレーザ光  
8 0 ビーム前半部  
8 1 ビーム後半部

\*20

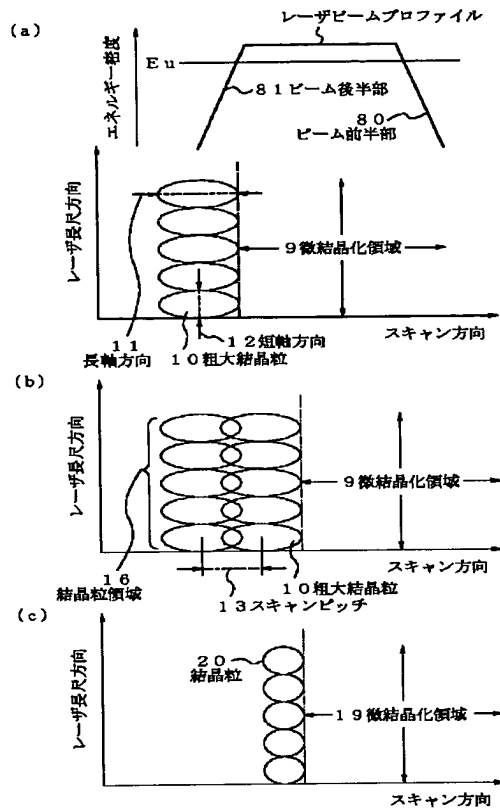
【図1】



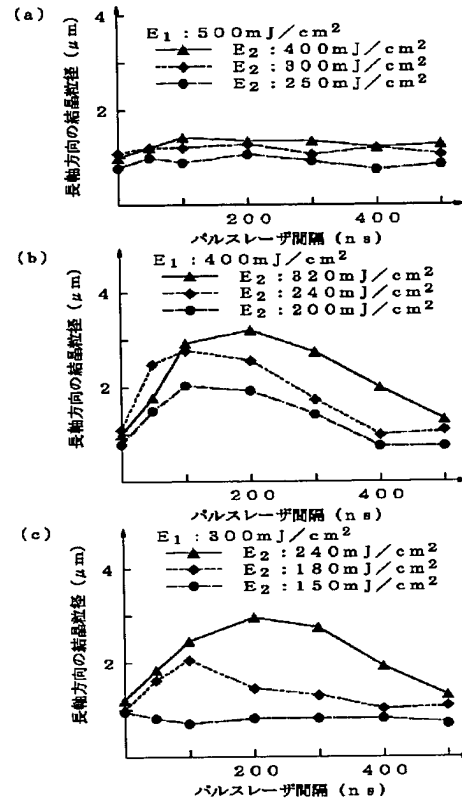
【図2】



【図3】

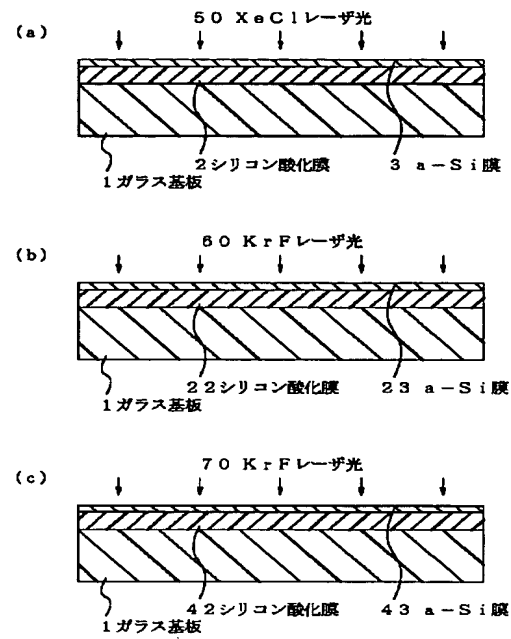


【図4】





【図5】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**